

물체의 움직임 현상에 대한 사전지식과 추론이 아동의 사후지식 형성에 미치는 영향

김 은 영¹⁾

서울대학교 아동가족학과

이 연구는 물체의 움직임 현상에 대한 아동의 사전지식과 추론이 사후지식 형성에 미치는 영향을 규명하고자 하였다. 이를 위하여 서울과 경기도의 중류층 거주지역 어린이집 3곳과 초등학교 2곳에 다니는 4, 6, 8세 아동 각 40명씩 총 120명을 연구대상으로 선정하였다. 그리고 물체의 움직임을 나타내는 부침(浮沈)현상, 낙하현상, 경사면이동현상에서 두 물체의 크기는 같고 무게가 다른 '무게과제'와 두 물체의 무게는 같고 크기가 다른 '크기과제'를 이용하여 아동의 사전지식, 추론 및 사후지식을 측정하였다. 이 연구의 주요 결과는 다음과 같다. 물체의 움직임 현상에 대한 아동의 사후지식 형성은 추론과 사전지식의 영향을 받았다. 부침현상 사후지식은 크기과제 추론과 무게과제 추론의 순으로 영향을 받았다. 낙하현상 사후지식은 무게과제 추론, 크기과제 추론, 크기과제 사전지식의 순으로 영향을 받았다. 경사면이동현상 사후지식은 크기과제 추론, 무게과제 추론, 크기과제 사전지식의 순으로 영향을 받았다. 이 연구는 물체의 움직임 현상에 대한 아동의 사전지식과 추론이 사후지식 형성에 영향을 미침을 밝혔다.

주요어: 물체의 움직임 현상(부침현상, 낙하현상, 경사면이동현상), 물리지식, 사전지식, 추론, 사후지식

과학적 사고에는 구조적 측면의 물리지식 뿐만 아니라 기능적 측면의 추론이 모두 필요하다. 물리지식은 물리대상과 물리현상에 대한 지식을 말한다(Povinelli, 2003). 추론은 과학자들이 과학적 지식을 구성하는 과정에서 거치는 사고과정으로, 가

설 창안, 가설 검증, 증거 수집과 평가, 가설 수정 등의 과정을 말한다(Kuhn, Garcia-Mila, Zohar, & Anderson, 1995). 즉, 과학적 사고에는 이론과 증거의 조정과 변별, 증거와 실험에 의한 가설 평가(Klahr, Fay, & Dunbar, 1993)로 이루어지는 추론

1) 교신저자; 김은영, iloveagi@naver.com

이 요구된다. 과학적 발견은 아동의 사전지식으로 이루어지는 ‘가설공간’과 가설을 검증하는 ‘실험공간’ 간의 통합으로 가능하다(Klahr & Dunbar, 1989).

아동의 물리지식에 대한 연구는 1930년대에 Piaget로부터 시작되었다. Piaget는 다양한 물체를 이용해 아동의 물리지식을 살펴본 결과, 전조작기 유아(4~7세)의 물리지식은 지각적 특성에 의존하며, 형식적 조작기(12세 이후)에 이르러서야 과학적 인지능력이 완성된다고 보았다(Inhelder & Piaget, 1958; Piaget, 1930). 즉, Piaget에 의하면 아동의 물리지식 습득은 인지구조의 발달 단계에 따라 달라진다.

Piaget의 인지적 구성주의에 의하면, 아동은 선개념을 근거로 예측하고 이 예측이 맞지 않을 때 인지갈등을 경험한다. 그리고 동화와 조절을 통해 평형화에 이르면서 새로운 지식을 구성한다. 이 때 전조작기 유아(4~7세)는 한 번에 한 가지 상황만 제한적으로 고려하고 자기중심적으로 판단하므로 자신의 예측이나 설명이 실제 관찰 내용과 불일치해도 혼란을 느끼지 않는다. 구체적 조작기 아동(7~11세)은 전이적 추론(transitive reasoning)과 공간적 추론이 가능하다. 그러나 구체적 조작기 아동의 추론은 구체적인 대상에 한정된다. 이후 형식적 조작기에 이르면 아동은 연역적·귀납적 추론을 할 수 있다. 따라서 Piaget는 아동의 추론이 인지발달의 네 단계를 거치며 현격한 변화를 경험하고, 과학적 인지능력은 형식적 조작기에야 완성된다고 주장했다(Inhelder & Piaget, 1958).

아동의 물리지식에 대한 또 다른 이론적 접근으로 이론 이론(theory theory)이 있다. Piaget의 인지발달 이론과 달리 영아가 다양한 물리지식을

이해하고 있음을 보여 준 연구 결과들(Baillargeon, 1994; Spelke, 1991, 1994)은 이론 이론의 근거가 되었다. 여러 실험 연구들을 근거로 이론 이론은 아기들이 태어날 때부터 선천적으로 물리지식을 가지고 있다고 주장했다. 이 관점에 의하면 영아의 지식과 성인의 지식이 질적으로 다르지 않으며, 아동은 발달 과정에서 직관적 이론을 경험에 비추어 검증하고 수정한다. 이론 이론은 아동의 지식이 이론의 형태로 구조화되어 있으며, 이러한 이론의 수정과 변화 과정이 바로 인지발달의 과정이라고 보았다(Gopnik & Meltzoff, 1997).

이론 이론은 현재 이론에 반대되는 불일치증거가 반복될 때 이론의 검증과 수정을 통해 아동의 이론 변화가 가능하다고 주장하였다. 아동이 선천적으로 직관적 지식을 가지고 태어난다고 보는 이론 이론의 관점에서는, 원인과 결과에 대한 아동의 추론이 Piaget의 주장보다 더 이른 시기에 나타난다. 이에 의하면 유아도 증거를 토대로 이론을 조정하는 과정에서 추론이 가능하다.

그러나 이론 이론의 이러한 관점에 대해 아동이 현실에 관한 ‘이론’으로 과학 현상에 대한 이해를 나타내는 것과는 별개로, 과학적 사고의 ‘과정’과 관련해서는 오해가 있을 수 있다고 보는 견해가 있다(Flavell, Miller, & Miller, 2002). 즉 기존의 지식이나 이론을 새로 제시된 증거와 조정할 수 있어야 과학적 사고를 한다고 할 수 있는데 아동은 그 과정에서 부족함을 나타낸다(Kuhn, Amsel, & O’Loughlin, 1988). 아동은 때로 관찰에 근거한 결과를 기존의 이론이나 지식에 근거한 결과와 구별하지 못한다(Kuhn et al., 1988; Kuhn, Garcia-Mila, Zohar, & Anderson, 1995). 특히 기존의 지식과 불일치하는 결과 해석에 어려움이 있다. 형식적 조작기의 연역적·귀납적 추론은 일부

청소년들에서만 나타나기도 한다(Kuhn et al., 1995). 또한, 아동 후기에서 성인 전기 사이에 추론 능력이 거의 발달되지 않고, 기존 이론이 가설 설정과 평가를 방해하기도 한다(Klaczynski, 1997; Klaczynski & Lavallee, 2005). 성인의 73%, 11세 아동의 43%가 타당한 추론을 끌어냈다는 연구 결과는, 추론이 연령에 따라 향상되지만 실험과 자료 해석을 통해 인과관계를 밝히는 것은 아동뿐만 아니라 성인에게도 어렵다는 것을 보여준다(Schauble, 1996). 추론은 특정 현상에 대해 아동이 기존의 이론을 가지고 있고, 이 이론이 증거와 불일치할 때, 증거가 지지하는 이론이 타당해 보이지 않을 때, 스스로 실험을 설계해야 할 때, 가능한 원인을 여러 개 검증해야 할 때 특히 어렵다(Flavell et al., 2002). 이와 같은 고찰에 근거해 아동이 기존의 이론이나 지식을 가지고 있고, 그 이론을 검증할 증거가 제시되었을 때 이론과 증거의 조정을 통한 아동의 추론이 이루어지고 새로운 지식으로 변화되는지 살펴볼 필요가 있다.

Piaget의 구성주의 이론에 의하면 유아는 자신의 인지구조와 일치하지 않는 인지갈등의 상황에서 동화와 조절을 통해 평형화에 도달하며 새로운 지식을 구성한다. 이론 이론은 현재 이론에 반대되는 불일치증거가 반복될 때 영아나 유아도 이론의 검증과 수정을 통해 이론 변화가 가능하다고 주장하였다. 그러나, 두 이론의 주장과 달리 아동은 자신의 사전지식에 근거한 예측과 다른 실험 결과를 접해도 지식의 변화를 일으키지 않기도 한다(Chinn & Brewer, 1993; Schauble, 1990). 즉, 아동은 자신의 이론과 불일치하는 증거가 제시되었을 때 오히려 자신의 이론에 유리한 방향으로 결과를 잘못 해석하며 자신의 이론을 고집하기도 한다(Schauble, 1990). 개념변화에 대한 선행연구(Chinn & Brewer, 1993)는 불일치증거에 대한 청

소년의 반응 유형을 무시, 거부, 재해석, 배제, 분류, 판단불가, 주변이론변화, 이론변화로 나누고 있다. 이는 아동의 사전지식과 다른 불일치증거를 접하더라도 인지갈등이나 이론변화를 통한 지식의 변화가 일어나지 않을 수 있음을 나타낸다. 청소년에 비해, 초등학생은 불일치증거에 대해 거부 반응과 이론 변화 반응으로 편중되거나(강석진, 신숙희, 노태희, 2002), 불일치증거를 받아들이고 초기 이론을 포기하는 이론변화 반응의 비율이 높다(고한중, 석종임, 노태희, 강석진, 2005). 즉 청소년에 비해 아동은 자신의 예측과 다른 실험결과에 대한 해석을 통해 지식의 변화를 일으킬 가능성이 더 크다. 선행연구에서 조사된 초등학생은 구체적 조작기 후반의 고학년 아동이었다. 그러므로 더 어린 연령의 전조작기 유아와 구체적 조작기 전반의 아동을 대상으로, 아동이 자신이 이미 가지고 있는 사전지식과 실제 실험을 통해 관찰하는 증거의 조정을 통해 물리현상에 대한 기존의 지식을 새로운 지식으로 변화시키는지 살펴볼 필요가 있다. 이를 통해 아동의 사전지식과 추론이 사후지식 형성에 어떻게 영향을 미치는지 알아보고자 한다.

아동의 물리 지식과 추론에 관련된 두 이론의 주장을 다양한 물리현상 중 구체적으로 물체의 움직임 현상과 관련해 실증적으로 검증해볼 필요가 있다. 물체는 중력, 부력, 마찰력, 전기력, 자기력 등 여러 가지 힘에 의해 운동 상태가 변화되면서 움직임을 나타낸다. 물체가 물에 뜨거나 가라앉는 ‘부침(浮沈)현상’, 물체가 높은 곳에서 낮은 곳으로 떨어지는 ‘낙하현상’ 및 물체가 경사면에서 미끄러져 내려오는 ‘경사면이동현상’은 모두 중력의 영향에 의해 물체의 움직임이 발생한다. 이러한 물체의 움직임은 아동이 일찍이 일상에서 경험하는 물리 현상이다. 물체의 움직임의 원인이 되는 힘에 대한 설명은 기초 물리 이론을 형성한다. 이에 대한 아

동의 물리지식 연구는 Piaget로부터 시작되었고, 영아가 Piaget의 주장처럼 감각-운동 지능만 가지고 있는 것이 아님을 밝히기 위해 이론 이론의 연구에서도 공통적으로 연구되었다. 그러므로 물체의 움직임 현상에 대한 지식은 아동이 어떤 물리지식을 가지고 있는지, 이론과 증거를 조정하는 추론이 가능한지, 이를 통한 이론의 변화가 가능한지를 알아보기에 적절한 영역이다.

‘부침현상’을 이해하기 위해서는 물체의 밀도, 물체를 지구 중심으로 당기는 중력 및 물체를 뜨게 하는 부력에 대한 물리지식이 필요하다. Piaget에 의하면 형식적 조작기 이전에는 부침현상에 대한 이해가 어렵다(Inhelder & Piaget, 1958). 그러나 전조작기인 4, 5세 아동도 물체가 물에 뜰지 여부를 성인과 유사한 수준에서 판단하는 것으로 보고한 연구들(Esterly, 2000; Kloos, Fisher, & Orden, 2010; Kohn, 1993)이 있다. 물체가 물에 뜨고 가라앉는 것은 물체의 밀도 및 중력과 부력의 크기에 의해 결정된다. 그러나 아동은 물체의 무게와 크기 변인을 주요 근거로 물체가 물에 뜰지 가라앉을지 여부를 판단하고(이종희, 김선영, 2003), ‘무거운 것이 가라앉는다.’는 ‘밀도-무게 개념 미분화현상’을 나타낸다(Smith, Carey, & Weiser, 1985).

‘낙하현상’을 정확히 이해하기 위해서는 중력에 대한 물리지식이 필요하다. 이론 이론의 연구에 의하면, 영아는 4개월경 중력을 인식하기 시작하고, 6개월경 중력에 관한 기본지식을 가지며, 8개월경에는 중력의 영향에 대해 더 발달된 인식을 한다(Baillargeon, 1994; Spelke, 1991). 아동은 물체의 낙하운동 자체에 대해서는 초보적 지식을 가지고 있지만, 운동의 원인인 중력에 대한 지식은 없다(박선미, 2004). 또한, 무게와 낙하 속도의 관계에 있어 ‘무거운 물체가 빨리 떨어진다.’는 오개념은

연령의 증가에도 불구하고 지속되었다(채동현, 1992; Bar, Zinn, & Goldmuntz, 1994; Ruggiero, Cartelli, Dupre, & Vincentini-Missoni, 1985).

‘경사면이동현상’에서도 ‘낙하현상’과 마찬가지로 중력에 대한 아동의 지식을 살펴볼 수 있다. 두 현상을 일으키는 힘은 ‘중력’으로 같다. 경사면에서 미끄러져 내려오는 물체의 마찰력을 배제하면, 낙하현상과 경사면이동현상에 적용되는 과학원리는 동일하다. 즉, 낙하현상과 경사면이동현상에서 물체에 작용하는 중력가속도가 일정(9.8 m/s^2)하므로 공기에 의한 부력을 무시할 수 있는 정도의 밀도를 가진 물체는 무게나 크기에 상관없이 동시에 낙하하거나 경사면에서 미끄러진다. 두 현상에서 아동의 구체적 경험은 차이가 있으므로 아동의 지식이나 추론도 현상에 따라 다를 수 있을 것이다. 경사면에서 미끄러져 내려오는 물체의 무게와 속도 간의 관계는 아동이나 성인 모두 정확하게 이해하기 어렵다(박선미, 2004).

세 물리현상에서 아동은 ‘무거운 물체가 가라앉는다.’거나 ‘무거운 물체가 더 빨리 떨어진다.’는 ‘무게’ 변인 중심의 물리지식을 나타낸다(채동현, 1992; Bar et al., 1994; Ruggiero et al., 1985; Smith et al., 1985). 따라서 물체의 ‘무게’와 ‘크기’ 변인으로 과제를 단순하게 구성하고, 물체의 움직임을 나타내는 세 현상에 대한 아동의 지식 변화를 알아볼 필요가 있다. 하나의 물리현상에서도 물체의 ‘무게’나 ‘크기’ 변인에 따라 이해 정도가 다를 수 있기 때문이다.

물리지식에 대한 기존연구는 주로 영아의 습관화나 아동의 언어적 설명에 의존해 이루어졌다. 물리지식은 아동이 사물을 조작하고 반응을 살펴보는 과정을 통해 물리적 속성을 발견하고 물체와 관련된 물리현상을 이해할 때 발달한다. 그러므로 언어적 설명만으로 아동의 물리지식을 살펴보는

것은 물리지식의 특성을 반영하지 못한다는 한계가 있다. 따라서 물체의 움직임과 관련된 다양한 현상에서 나타나는 아동의 물리지식과 추론을 실제 실험과정을 통해 알아볼 필요가 있다.

이상과 같은 문제 제기를 바탕으로 다양한 물체의 움직임 현상 중 구체적으로 부침(浮沈)현상, 낙하현상 및 경사면이동현상에 관련된 4, 6, 8세 아동의 지식 변화를 살펴보고자 한다. 기존 연구에 따르면 이 연령의 아동들은 중력에 의한 물리현상에 대해 ‘무게’ 변인 중심의 물리지식을 나타낸다. 또한 크기 지식과 무게 지식을 독립적으로 구별하지 못한다. 가령 큰 것은 무거울 것으로 생각하는 경향(size-weight illusion)이 있다(Stevens & Rubin, 1970; Kloos, 2002). 물리현상에서 무게와 크기가 독립적으로 작용한다는 것을 보여주기 위해서는 두 변인이 다르게 작용할 수 있음을 보여주는 증거가 필요하다. 따라서 이 연구에서는 물체의 크기 또는 무게만 다른 두 과제를 아동에게 제시하여 세 물리 현상에서 나타나는 아동의 지식의 변화를 살펴보고자 한다. 따라서 두 물체의 크기는 같고 무게가 다른 무게과제와 두 물체의 무게는 같고 크기가 다른 크기과제를 이용하여 물체의 움직임 현상(부침현상, 낙하현상, 경사면이동현상)에 대한 아동의 사전지식, 추론, 사후지식을 각각 측정하고, 이를 통해 아동의 연령, 사전지식 및 추론이 사후지식 형성에 미치는 영향력을 살펴보고자 한다. 연구문제는 다음과 같다.

【연구문제1】 물체의 움직임 현상(부침현상, 낙하현상, 경사면이동현상)에 대한 아동(4, 6, 8세)의 사전지식, 추론, 사후지식 수준은 어떠한가?

【연구문제2】 ‘부침현상’ 사후지식 형성에 연령, 사전지식(무게과제 사전지식, 크기과제 사전지식), 추론(무게과제 추론, 크기과제 추론)이 미치는 상대적 영향력은 어떠한가?

【연구문제3】 ‘낙하현상’ 사후지식 형성에 연령, 사전지식(무게과제 사전지식, 크기과제 사전지식), 추론(무게과제 추론, 크기과제 추론)이 미치는 상대적 영향력은 어떠한가?

【연구문제4】 ‘경사면이동현상’ 사후지식 형성에 연령, 사전지식(무게과제 사전지식, 크기과제 사전지식), 추론(무게과제 추론, 크기과제 추론)이 미치는 상대적 영향력은 어떠한가?

방 법

연구대상

이 연구에서는 물체의 움직임 현상(부침현상, 낙하현상, 경사면 이동현상)에 대한 아동의 사전지식과 추론이 사후지식에 미치는 영향을 살펴보기 위해 서울과 경기도의 중류층 거주 지역에 위치한 어린이집 3곳과 초등학교 2곳에 다니는 만 4, 6, 8세 아동 각 40명씩 모두 120명을 연구대상으로 임의 선정하였다.

연구과제

물체의 움직임 현상(부침현상, 낙하현상, 경사면이동현상)에 대한 아동의 사전지식과 추론이 사후지식에 미치는 영향을 알아보기 위해 ‘부침현상’에 대한 Esterly(2000), Kloos 등(2010), Kohn(1993)의 선행연구, ‘낙하현상’에 대한 Bar등(1994), Piaget(1930), White(1990)의 선행연구 및 ‘경사면이동현상’에 대한 박선미(2004)의 연구를 참고하여, 물체의 ‘무게’와 ‘크기’ 변인에 중점을 두고 세 현상에 공통으로 사용될 ‘무게과제’와 ‘크기과제’를 연구자가 새롭게 구성하였다. Kloos 등(2010)의



그림 1 무게과제



그림 2 크기과제

과제는 아동이 근감각으로 무게와 크기의 비율을 고려해 물에 뜰지 여부를 판단해야 했으며, 아동의 예측에 대한 이유를 살펴보지 않았다는 한계가 있었다. 이 연구에서는 물체의 ‘무게’와 ‘크기’ 변인 중 하나를 일정하게 하고, 나머지 하나를 다르게 구성하였다. 그리고 조사에 앞서 아동이 과제별로 두 물체의 무게와 크기 관계를 우선 확인하도록 하였다. 또한, 각 현상에 대한 아동의 판단에 대해 그 이유를 살펴보았다.

연구자가 구성한 ‘무게과제’는 두 물체의 크기는 같고 무게가 다르게 구성된 세트이다(그림1). ‘크기과제’는 두 물체의 무게는 같고 크기가 다르게 구성된 세트이다(그림2). ‘무게과제’는 크기가 같은(지름 9 cm) 투명한 두 원형 플라스틱 통에 한 쪽은 쇠구슬을 가득(27 개) 채우고, 나머지 한 쪽은 쇠구슬을 간격을 두고(7 개) 배치해 크기가 같고 무게가 다른 두 물체로 구성했다. ‘크기과제’는 똑 같은 쇠구슬 7 개를 한 쪽은 큰(지름 9 cm) 원형 플라스틱 통에 넣고, 나머지 한 쪽은 작은(지름 6 cm) 원형 플라스틱 통에 넣어 무게가 같고 크기가 다른 두 물체로 구성했다.

연구절차

물체의 움직임 현상에 대한 사전지식과 추론이 사후지식에 미치는 영향을 살펴보기 위해 부침현상, 낙하현상 및 경사면이동현상에 대한 아동의 사전지식, 추론 및 사후지식을 순서대로 측정하였다.

각 측정에 있어 순서효과를 통제하기 위해 부침현상 전후로 낙하현상과 경사면이동현상을 무작위로 제시하였고, 한 현상 안에서도 두 과제의 제시순서를 무작위로 하였다.

먼저 아동에게 과제별로 두 물체를 자유롭게 탐색하도록 한 후 두 물체의 무게와 크기 관계를 확인하는 과정을 거쳤다. 이후에 각 현상에 대한 아동의 사전지식을 측정하기 위해 ‘무게과제’와 ‘크기과제’를 과제별로 제시하였다. 즉, 부침현상에서는 두 물체를 물에 넣으면 어떻게 될지 아동에게 결과를 예측하고 이유를 설명하도록 하였다. 낙하현상에서는 두 물체를 양 손에 잡고 손을 올린 후 같은 높이에서 한꺼번에 떨어뜨리면 어떻게 될지 아동에게 결과를 예측하고 이유를 설명하도록 하였다. 경사면이동현상에서는 두 물체를 경사대에 놓고 물체가 미끄러져 내려가도록 막대를 올리면 어떻게 될지 아동에게 결과를 예측하고 이유를 설명하도록 하였다.

다음으로 세 물리현상에 대한 추론을 측정하였다. 사전지식과 달리 추론 측정에서는 아동이 실제 실험을 시행하여 결과를 확인하고 결과에 대한 이유를 설명하도록 하였다. 이를 통해 이론과 증거의 조정이 일어나는지 살펴보고자 하였다.

마지막으로 추론을 거치면서 사전지식이 ‘사후지식’으로 어떻게 변화되었는지 살펴보았다. 사후지식 측정도구는 사전지식 측정도구와 같았다. 즉, 아동에게 과제별로 두 물체를 제시하고 사전지식 측정의 경우와 마찬가지로 결과를 예측하게 한 후 응답에 대한 이유를 설명하도록 했다.

조사는 조용한 실내 공간에서 조사자와 아동 간의 일대일 면접으로 이루어졌다. 연구자와 훈련 받은 실험자 1명이 조사를 하였고, 조사시간은 한 아동 당 30분 정도 소요되었다. 아동학 전공자 2명이 아동의 응답을 분석하고 평정하였다. 평정자간

일치도는 .95였다.

사전지식, 추론, 사후지식 점수는 각 과제별로 정확한 예측을 하고 그 이유를 설명하면 2점, 예측은 맞지만 이유를 정확하게 설명하지 못하면 1점, 예측이 틀리거나 모른다고 하는 경우는 0점으로 계산하였다. 그러므로 각 과제별 점수 범위는 0-2점이다. 각 현상별 사전지식, 추론, 사후지식 총점은 무게과제와 크기과제의 점수를 합하여 평균을 구하였으므로 이에 대한 점수 범위는 0-2점이다.

자료 분석

수집된 자료는 SPSS 프로그램을 이용해 분석되었다. 통계방법은 평균, 표준편차, 상관분석, 중다회귀분석이 이용되었다. 세 현상(부침현상, 낙하현상, 경사면이동현상)에 대한 사전지식, 추론, 사후지식의 전반적 경향을 파악하기 위해 평균과 표준편차를 살펴보았다. 그리고 아동의 사후지식에 영향을 미치는 변인의 상대적 영향력을 살펴보기 위해 상관분석과 중다회귀분석을 실시하였다.

결 과

물체의 움직임 현상에 대한 아동의 사전지식, 추론 및 사후지식

세 현상에 대한 사전지식, 추론 및 사후지식을 무게과제와 크기과제를 이용하여 측정한 결과 그 구체적 점수는 표1과 같다²⁾. 세 현상에 대한 사전지식의 점수범위는 .65~.88로 나타났다. 이는 4, 6, 8세 아동이 물체의 움직임 현상에 대해 결과에 대

한 예측은 가능하지만, 정확한 이유를 설명하지는 못하는 수준의 사전지식을 가지고 있음을 의미한다. 추론의 점수범위는 1.55~1.84로 나타났다. 이는 4, 6, 8세 아동이 물체의 움직임 현상에 대한 실험에서 결과를 정확하게 관찰할 수 있을 뿐만 아니라 결과와 원인을 연결하여 해석하는 것이 어느 정도 가능함을 의미한다. 사후지식의 점수범위는 1.38~1.83으로 나타났다. 이는 4, 6, 8세 아동이 세 현상에 대한 실험을 통해 정확한 결과예측 및 그 이유에 대한 설명도 어느 정도 가능한 사후지식을 형성하였음을 의미한다. 따라서 세 물리현상에 대한 아동의 사전지식은 추론을 거친 후에 새로운 사후지식으로 변화되었음을 알 수 있다.

아동의 연령, 사전지식과 추론이 부침현상 사후지식에 미치는 상대적 영향

아동의 부침현상 사후지식에 영향을 미치는 변인의 상대적 영향력을 살펴보기 위해 중다회귀분석을 실시하였다. 독립변인 간의 상관관계는 표2와 같이 높지 않은 것으로 나타나 회귀분석에 문제가 없었다.

부침현상 사후지식에 영향을 미칠 것으로 예상된 연령, 무게과제 사전지식, 크기과제 사전지식, 무게과제 추론, 크기과제 추론을 독립변인으로, 부침현상 사후지식을 종속변인으로 회귀모형에 투입하였다. 이 모형의 VIF는 독립변인별로 1.13~1.29으로 다중공선성의 문제가 없었으며, Durbin-Watson 지수는 1.73으로 정상분포곡선을 의미하는 2에 가까운 수준이어서 이 회귀모형이 적합함을 나타낸다.³⁾

2) 세 현상에 대한 사전지식, 추론, 사후지식의 구체적 내용은 저자의 선행연구를 참조할 수 있다.

(김은영 (2012). 아동의 부력현상에 대한 지식과 추론. 유아교육연구, 32(6), 263-286.

김은영, 이순형 (2012). 낙하현상에 대한 아동의 지식변화. 한국심리학회지:발달, 25(4), 89-103.

김은영, 이순형 (2013). 물체의 경사면이동현상에 대한 아동의 지식변화. 아동학회지, 34(1), 21-34.)

표 1. 물체의 움직임 현상에 대한 아동의 사전지식, 추론 및 사후지식 점수

범 주		무게과제		크기과제		총점	
		<i>M</i> (<i>SD</i>)		<i>M</i> (<i>SD</i>)		<i>M</i> (<i>SD</i>)	
사전지식	부침 현상	4세	1.05(1.01)		.48(.82)		.77(.65)
		6세	1.45(.90)		.27(.64)		.87(.58)
		8세	1.20(.99)		.80(.99)		1.00(.82)
		전체	1.23(.97)		.52(.85)		.88(.69)
	낙하 현상	4세	.35(.62)		.80(.91)		.58(.49)
		6세	.40(.71)		1.10(.98)		.75(.60)
		8세	.28(.64)		1.40(.93)		.84(.62)
		전체	.34(.66)		1.10(.97)		.72(.58)
	경사면 이동 현상	4세	.42(.71)		.88(.91)		.65(.52)
		6세	.15(.53)		.80(.97)		.48(.50)
		8세	.40(.78)		1.25(.98)		.83(.63)
		전체	.33(.69)		.97(.97)		.65(.57)
추론	부침 현상	4세	1.80(.41)		1.57(.50)		1.68(.37)
		6세	1.98(.16)		1.70(.46)		1.84(.24)
		8세	1.97(.16)		1.97(.16)		1.98(.11)
		전체	1.92(.28)		1.75(.44)		1.84(.29)
	낙하 현상	4세	1.25(.63)		1.25(.71)		1.25(.52)
		6세	1.55(.60)		1.63(.63)		1.59(.49)
		8세	1.65(.62)		1.95(.32)		1.80(.41)
		전체	1.48(.64)		1.61(.64)		1.55(.53)
	경사면 이동 현상	4세	1.35(.66)		1.42(.75)		1.39(.62)
		6세	1.57(.55)		1.82(.45)		1.70(.37)
		8세	1.82(.39)		1.90(.38)		1.86(.28)
		전체	1.58(.57)		1.72(.58)		1.65(.49)
사후지식	부침 현상	4세	1.80(.41)		1.50(.60)		1.64(.46)
		6세	2.00(.00)		1.75(.44)		1.88(.22)
		8세	1.95(.32)		1.97(.16)		1.96(.18)
		전체	1.92(.31)		1.74(.48)		1.83(.34)
	낙하 현상	4세	.90(.87)		1.13(.88)		1.02(.75)
		6세	1.45(.71)		1.42(.82)		1.44(.65)
		8세	1.60(.71)		1.75(.67)		1.68(.49)
		전체	1.32(.82)		1.43(.83)		1.38(.69)
	경사면 이동 현상	4세	1.18(.81)		1.35(.80)		1.27(.70)
		6세	1.50(.75)		1.67(.66)		1.59(.60)
		8세	1.75(.54)		1.80(.56)		1.78(.38)
		전체	1.48(.74)		1.61(.70)		1.54(.61)

3) VIF는 1에 근접할수록 변수들 간에 다중공선성이 없는 것으로 판단할 수 있으며 10을 넘으면 다중공선성의 위험을 가진다. Durbin-Watson 지수는 2에 가까울수록 잔차 간의 자기 상관성이 없는 독립적인 상태를 의미하므로 독립성 가정이 충족된 것으로 볼 수 있다.

표 2. 부침현상 사후지식, 사전지식, 추론, 연령의 상관관계분석

	부침현상 사후지식	무게과제 사전지식	무게과제 추론	크기과제 사전지식	크기과제 추론	연령
부침현상사후지식	1.00					
무게과제사전지식	.20*	1.00				
무게과제 추론	.59***	.32***	1.00			
크기과제사전지식	.11	.14	-.10	1.00		
크기과제 추론	.69***	.02	.24*	.19*	1.00	
연령	.40***	.06*	.26*	.16*	.38***	1.00

* $p < .05$, *** $p < .001$

표 3. 부침현상 사후지식 형성에 대한 독립변인의 상대적 영향 중다회귀분석

독립변인	B	β	t	R^2	F
크기과제 추론	.80	.54	9.08***		
무게과제 추론	1.00	.43	7.08***		
크기과제 사전지식	.03	.03	.57	.67	46.49***
무게과제 사전지식	.02	.04	.63		
연령	.03	.08	1.25		
상수	.12		.44		

*** $p < .001$

회귀모형에 포함된 독립변인은 사후지식을 유의하게 설명하고 있으며($F = 46.49$, $df = 5, 114$, $p < .001$) 사후지식 총 변화량의 67%가 무게과제 추론과 크기과제 추론에 의해 설명되고 있다(표3).

부침현상 사후지식 형성에 유의하게 영향을 미치는 독립변인은 크기과제 추론($t=9.08$, $p < .001$)과 무게과제 추론($t=7.08$, $p < .001$)이다(표3). 이러한 결과는 상관관계분석(표2)에서 크기과제 추론, 무게과제 추론의 순으로 사후지식과의 상관관계가 높았던 것과 일맥상통한다. 부침현상 사후지식 형성에 미치는 독립변인의 상대적 영향력은 크기과제 추론, 무게과제 추론의 순으로 나타났다. 첫째, 크기과제 추론은 아동의 부침현상 사후지식과 정적인 관계가 있으며($\beta=.54$), 크기과제 추론 점수가 높으면 사후지식 수준도 높다. 둘째, 무게과제 추론은 아동의 부침현상 사후지식과 정적인 관계가 있으며($\beta=.43$), 무게과제 추론 점수가 높으면 사후지식 수준도 높다. 즉, 연령이나 사전지식보다는

추론이 사후지식 형성에 영향을 주는 것으로 나타났다. 특히 두 과제 중 크기과제 추론이 무게과제 추론보다 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

아동의 연령, 사전지식과 추론이 낙하현상 사후지식에 미치는 영향

낙하현상 사후지식 형성에 영향을 미치는 변인과 그 영향력을 살펴보기 위해 중다회귀분석을 실시했다. 독립변인 간의 상관관계는 표4와 같이 높지 않은 것으로 나타나 회귀분석에 문제가 없었다. 낙하현상 사후지식에 영향을 미칠 것으로 예상된 연령, 무게과제 사전지식, 크기과제 사전지식, 무게과제 추론, 크기과제 추론을 독립변인으로, 낙하현상 사후지식을 종속변인으로 회귀모형에 투입하였다. 이 모형의 VIF는 독립변인별로 1.04~1.51로 다중공선성의 문제가 없었으며, Durbin-Watson 지수는 1.96으로 정상분포곡선을 의미하는 2에 가

표 4. 낙하현상 사후지식, 사전지식, 추론, 연령의 상관관계분석

	낙하현상 사후지식	무게과제 사전지식	무게과제 추론	크기과제 사전지식	크기과제 추론	연령
낙하현상 사후지식	1.00					
무게과제 사전지식	.05	1.00				
무게과제 추론	.48***	.17*	1.00			
크기과제 사전지식	.42***	-.03	.09	1.00		
크기과제 추론	.57***	.06	.35***	.39***	1.00	
연령	.40***	-.05	.26*	.26*	.45***	1.00

* $p < .05$, *** $p < .001$

표 5. 낙하현상 사후지식 형성에 대한 독립변인의 상대적 영향 중다회귀분석

독립변인	B	β	t	R^2	F
무게과제 추론	.70	.32	4.34***		
크기과제 추론	.67	.31	3.75***		
크기과제 사전지식	.34	.24	3.23*		
무게과제 사전지식	-.02	-.01	-.17	.48	20.59***
연령	.09	.11	1.42		
상수	-.29		-.74		

* $p < .05$, *** $p < .001$

까운 수준이어서 이 회귀모형이 적합함을 나타낸다. 회귀모형에 포함된 독립변인은 사후지식을 유의하게 설명하고 있으며($F = 20.59$, $df = 5, 114$, $p < .001$) 사후지식 총 변화량의 48%가 무게과제 추론, 크기과제 추론, 크기과제 사전지식에 의해 설명되었다(표5).

표5와 같이 아동의 낙하현상 사후지식 형성에 유의하게 영향을 미치는 독립변인은 무게과제 추론($t=4.34$, $p < .001$), 크기과제 추론($t=3.75$, $p < .001$), 크기과제 사전지식($t=3.23$, $p < .05$)으로 나타났다. 이러한 결과는 상관관계분석(표4)에서 크기과제 추론, 무게과제 추론, 크기과제 사전지식의 순으로 상관관계가 높았던 것과 일맥상통한다. 아동의 낙하현상 사후지식 형성에 미치는 상대적 영향력은 무게과제 추론, 크기과제 추론, 크기과제 사전지식의 순으로 나타났다. 첫째, 무게과제 추론은 아동의 낙하현상 사후지식과 정적인 관계가 있으며($\beta = .32$), 무게과제 추론 점수가 높으면 사후지식 수

준이 높다. 둘째, 크기과제 추론은 아동의 낙하현상 사후지식과 정적인 관계가 있으며($\beta = .31$), 크기과제 추론 점수가 높으면 사후지식 수준이 높다. 즉, 낙하현상 실험을 통한 추론이 사후지식 형성에 주로 영향을 주는 것으로 나타났다. 셋째, 낙하현상은 추론뿐만 아니라 크기과제 사전지식도 사후지식 형성에 영향을 준다는 점에서 부침현상의 경우와 차이가 있었다. 낙하현상의 경우 무게과제에 비해 크기과제 사전지식의 수준이 높았다(표1). 따라서 정확한 사전지식 역시 자신의 예측이 옳았음을 실험으로 확인하는 과정을 통해 사후지식에 영향을 주었음을 알 수 있다.

아동의 연령, 사전지식과 추론이 경사면이동현상 사후지식에 미치는 영향

경사면이동현상 사후지식 형성에 영향을 미치는 변인과 그 영향력을 살펴보기 위해 중다회귀분

표 6. 경사면이동현상 사후지식, 사전지식, 추론, 연령의 상관관계분석

	경사면이동현상 사후지식	무게과제 사전지식	무게과제 추론	크기과제 사전지식	크기과제 추론	연령
경사면이동현상 사후지식	1.00					
무게과제 사전지식	.06	1.00				
무게과제 추론	.52***	.11	1.00			
크기과제 사전지식	.25*	-.10	.04	1.00		
크기과제 추론	.66***	-.02	.40***	.21*	1.00	
연령	.35*	-.02	.34***	.16*	.33***	1.00

* $p < .05$, *** $p < .001$

표 7. 경사면이동현상 사후지식 형성에 대한 독립변인의 상대적 영향 중다회귀분석

독립변인	<i>B</i>	β	<i>t</i>	R^2	<i>F</i>
크기과제 추론	1.04	.50	6.93***		
무게과제 추론	.62	.29	4.02***		
크기과제 사전지식	.16	.13	1.99*	.54	26.87***
무게과제 사전지식	.09	.05	.05		
연령	.05	.06	.77		
상수	-.14		-.41		

* $p < .05$, *** $p < .001$

석을 실시했다. 독립변인 간의 상관관계는 표6과 같이 높지 않은 것으로 나타나 회귀분석에 문제가 없었다. 경사면이동현상 사후지식에 영향을 미칠 것으로 예상된 연령, 무게과제 사전지식, 크기과제 사전지식, 무게과제 추론, 크기과제 추론을 독립변인으로, 경사면이동현상 사후지식을 종속변인으로 회귀모형에 투입하였다. 이 회귀모형의 VIF는 독립변인별로 1.03~1.30으로 나타나 다중공선성의 문제가 없었다. Durbin-Watson 지수는 1.81로 정상분포곡선을 의미하는 2에 가까운 수준이어서 이 회귀모형이 적합함을 나타낸다. 이 회귀모형에 포함된 독립변인은 사후지식을 유의하게 설명하며 ($F=26.87$, $df = 5, 114$, $p < .001$) 사후지식 총 변화량의 54%가 무게과제 추론, 크기과제 추론, 크기과제 사전지식에 의해 설명되었다(표7).

표7과 같이 아동의 경사면이동현상 사후지식 형성에 유의하게 영향을 미치는 독립변인은 크기

과제 추론($t=6.93$, $p < .001$), 무게과제 추론($t=4.02$, $p < .001$), 크기과제 사전지식($t=1.99$, $p < .05$)으로 나타났다. 이러한 결과는 상관관계분석(표6)에서 크기과제 추론, 무게과제 추론, 크기과제 사전지식의 순으로 상관관계가 높았던 것과 일맥상통한다. 아동의 경사면이동현상 사후지식 형성에 미치는 영향력은 크기과제 추론, 무게과제 추론, 크기과제 사전지식의 순으로 나타났다. 첫째, 크기과제 추론은 아동의 경사면이동현상 사후지식과 정적인 관계가 있으며($\beta=.50$), 크기과제 추론 점수가 높으면 사후지식 수준도 높다. 둘째, 무게과제 추론은 아동의 경사면이동현상 사후지식과 정적인 관계가 있으며($\beta=.29$), 무게과제 추론 점수가 높으면 사후지식 수준도 높다. 경사면이동현상에서도 추론이 사후지식 형성에 주로 영향을 주는 것으로 나타났다. 이는 앞의 두 현상과 같이 아동의 사전지식보다, 실험으로 예측 결과를 확인하고 그 일치여부에

대한 원인을 추론하는 과정이 사후지식 형성에 더 영향을 주었음을 보여준다. 낙하현상의 경우 두 과제의 추론이 사후지식 형성에 미치는 영향력은 유사했다. 그러나, 경사면이동현상 사후지식 형성에서는 크기과제 추론의 영향력이 더 컸다. 셋째, 경사면이동현상에서도 낙하현상과 마찬가지로 추론에 이어 크기과제 사전지식도 사후지식 형성에 영향을 주었다.

경사면이동현상에서 사전지식 수준이 더 높은 크기과제 추론이 사후지식 형성에 미친 영향이 가장 컸다는 것은, 예측과 일치하는 증거의 영향력이 불일치증거의 영향력보다 더 컸음을 의미한다. 이는 부침현상에서 사전지식 수준이 낮은 크기과제 추론이 사후지식 형성에 가장 크게 영향을 미친 결과와 대조적이다. 부침현상 회귀분석 결과는 정확하지 않은 지식에 대한 결과해석이 사후지식 구성에 더 큰 영향을 준다는 선행연구 결과(김혜라·이순형, 2009; Chinn & Brewer, 1993; Hewson, 1986; Perner & Klahr, 1996; Schauble, 1990)와 일치한다. 그러나 경사면이동현상의 경우 정확한 지식에 대한 결과해석이 사후지식 구성에 더 영향을 주는 것으로 나타나 차이가 있다.

논 의

이 연구는 물체의 움직임 현상(부침현상, 낙하현상, 경사면이동현상)에 대한 아동의 사전지식과 추론이 사후지식 형성에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다. 이 연구목적을 위해 서울과 경기도의 중류층 어린이집 3 곳과 초등학교 2 곳에 다니는 4, 6, 8세 아동 120명을 연구대상으로 선정하고 ‘무게과제’와 ‘크기과제’로 세 물리현상에 대한 사전지식, 추론 및 사후지식을 살펴보았다. 수집된 자료의 분석을 토대로 다음과 같은 결론을 도출할 수

있었다. 첫째, 물체의 움직임 현상에 대한 아동의 사후지식 형성에 있어 실제 실험을 통한 이론과 증거의 조정 과정, 즉 추론이 중요하다. 이는 연령이나 사전지식보다 실험을 통한 결과확인과 해석이 사후지식 형성에 주로 영향을 미침을 의미한다.

둘째, 아동의 사전지식과 일치하지 않는 불일치증거는 사후지식에 크게 영향을 준다. 이 연구에서 부침현상의 경우 사전지식, 추론, 사후지식에서 일관되게 무게과제 인지수준이 높다. 이는 부침현상에서 아동이 물체의 무게가 같고 크기가 다른 크기과제를 이해하는 것에 어려움이 있음을 의미한다. 사전지식 수준이 낮은 ‘크기과제’ 추론이 부침현상 사후지식에 가장 큰 영향을 미치는 것은 불일치증거가 아동의 개념을 변화시킨다는 주장(Chinn & Brewer, 1993; Hewson, 1986; Perner & Klahr, 1996; Schauble, 1990)을 입증한다.

셋째, 아동이 사전지식이나 이론과 다른 불일치증거를 접하여 인지갈등을 경험하더라도 새로운 지식으로 반드시 변화되는 것은 아니다. 경사면이동현상에서는 사전지식 수준이 더 높은 ‘크기과제’의 추론이 사후지식 형성에 가장 큰 영향을 주는 것으로 나타나 부침현상의 경우와 차이가 있다. 이는 부침현상에서는 사전지식 수준이 낮은 ‘크기과제’의 추론이 사후지식 형성에 큰 영향을 준 반면, 경사면이동현상에서는 사전지식 수준이 낮은 ‘무게과제’의 추론이 사후지식 형성에 영향을 적게 주었음을 의미한다. 즉, 경사면이동현상의 경우 한번의 불일치증거 제시로 사후지식 형성에 영향을 주기 어려움(Kuhn et al., 1995; Perner & Klahr, 1996; Schauble, 1990)을 나타낸다. 아동의 사전지식과 다른 불일치증거가 제시되면 아동의 이론은 기존의 이론과 새로운 이론이 함께 존재하다가 새로운 이론의 위상이 더욱 높아지면서 이론 변화를 일으키게 된다(Hewson, 1986). 아동의 이론이 갑자기

새로운 이론으로 바뀌기는 어렵다. 따라서 과학적으로 옳지 않은 사전지식을 올바른 과학적 지식으로 바꾸기 위해서는 불일치증거를 반복적으로 제시할 필요가 있다(Kuhn et al., 1995; Perner & Klahr, 1996; Schauble, 1990). 아동이 증거가 모호하지 않음을 관찰하고 새로운 지식으로 변화시키려면 반복적인 증거 제시가 필요하기 때문이다.

넷째, 동일한 과학원리가 적용되더라도 아동이 실제로 경험하는 현상이 다르면 아동의 지식이 다르게 형성될 수 있다. 낙하현상과 경사면이동현상에 동일한 과학원리가 적용되지만, 두 과제의 추론이 사후지식 형성에 미치는 영향력은 구체적인 현상에 따라 차이가 있다.

다섯째, 이 연구에 의하면 세 현상에서 모두 연령이 사후지식 형성에 미치는 영향력은 없다. 아동의 사전지식 수준에 상관없이 추론이 사후지식 형성에 미치는 영향이 크다. 또한 구체적인 현상에 따라 추론에 이어 사전지식도 물체의 움직임 현상에 대한 지식 변화에 영향을 준다. 따라서 수준의 차이는 있으나 아동은 어느 연령에서든지 이론과 증거를 조정하는 과정을 통해 지식을 발달시켜 나간다는 이론 이론의 지식발달 관점을 지지한다.

이 연구에 의하면 아동은 사전지식과 일치하는 실험 결과를 해석하면서 견고한 사후지식을 구성한다. 또한 사전지식과 다른 불일치증거를 확인하고 이론과 증거를 조정하면서 새로운 사후지식을 구성한다. 따라서 아동이 사전지식을 근거로 예측하고 이를 실험으로 확인하고 이론과 증거를 조정하는 과정은 물리 지식과 추론능력을 향상시킨다.

이 연구의 의의는 다음과 같다. 첫째, 아동의 사후지식 형성에 주로 영향을 미치는 요인은 추론과 사전지식으로 연령의 영향력은 없음을 밝혔다. 따라서 아동은 연령에 관계없이 실험확인 해석을 통해 이론과 증거를 조정하고 새로운 물리 지식

을 구성할 수 있다. 다만, 추론이나 사후지식의 수준은 연령에 따라 차이가 있다. 둘째, 사후지식 형성에 추론이 미치는 영향력을 밝힘으로써 직접 실험과 경험이 과학적 사고의 향상에 기여함을 입증했다.

참 고 문 헌

- 강석진, 신숙희, 노태희(2002). 변칙사례에 대한초
등학생들의 반응 연구. *한국과학교육학회지*,
22(2), 252-260.
- 고한중, 석종임, 노태희, 강석진(2005). 불일치 사
례로 유발되는 초등학생들의 반응에 대한 정
성적 연구. *초등과학교육*, 24(4), 426-434.
- 김혜라, 이순형(2009). 유아의 빛과 그림자 현상에
대한 지식의 변화. *유아교육연구*, 29(3),
305-323.
- 박선미(2004). 아동의 물리 지식: 물체의 움직임 현
상에 대한 아동의 이해와 발달. *인지과학*,
15(4), 31-47.
- 이종희, 김선영(2003). 사물의 '물에 뜨거나 가라
앉는' 현상에 관한 4, 5, 6세 유아의 분류준거
및 준거 적용의 논리적 일관성. *유아교육연구*,
23(4), 169-192.
- 채동현(1992). 한국 학생들의 중력현상에 대한 유
년적 사고. *한국과학교육학회지*, 12(2), 67-79.
- Baillargeon, R. (1994). How do infants learn
about the physical world? *Current
Directions in Psychological Science*, 28,
91-204.
- Bar, V., Zinn, V., Goldmuntz, R., & Carey, S.
(1994). Children's concepts about weight
and free fall. *Science Education*, 78(2),
149-169.

- Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63(1), 1-49.
- Esterly, J. (2000). "Its size is really wood": The development of buoyancy and material kind understanding in children between three and seven years of age. Doctoral Dissertation. California University, Berkeley, USA.
- Flavell, J. H., Miller, P., & Miller, S. (2002). *Cognitive development(4th Eds.)* Engelwood Cliffs, NJ : Prentice Hall.
- Gopnik, A. & Meltzoff, A. N. (1997). *Words, thoughts, and theories*. Cambrids: MIT Press.
- Hewson, M. G. (1986). The acquisition of scientific knowledge: Analysis and representation of student conceptions concerning density. *Science Education*, 70, 159-170
- Inhelder, B., & Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence*. New York: Basic Books.
- Klaczynski, P. A. (1997). Bias in adolescents's everyday reasoning and its relationship with intellectual ability, personal theories, and self-serving motivation. *Developmental Psychology*, 33, 273-283.
- Klaczynski, P. A. & Lavalley, K. L. (2005). Domain-specific identity, epistemic regulation, and intellectual ability as predictors of belief-biased reasoning: A dual-process perspective. *Journal of Experimental Child Psychology*, 92, 1-24.
- Klahr, D. & Dunbar, K., (1989). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1-48.
- Klahr, D. Fay A. L.,& Dunbar, K. (1993). Heuristics for scientific experimentation: A developmental study. *Cognitive Psychology*, 24, 111-146.
- Kloos, H., (2002). Perceiving heaviness by dynamic touch: An investigation of the size-weight illusion in preschoolers. *British Journal of Developmental Psychology*, 20, 171-183.
- Kloos, H., Fisher, A., & Van Orden, G. C. (2010) Situated naive physics: Task constraints decide what children know about density. *Journal of Experimental Psychology: General*, 139(4), 625-637.
- Kohn, A. S. (1993). Preschooler's reasoning about density: Will it float? *Child Development*, 64, 1637-1650.
- Kuhn, D., Amsel, E., & O'Loughlin, M. (1988). The development of scientific thinking skills. San Diego, CA: Academic Press.
- Kuhn, D., Garcia-Mila, M., Zohar, A., & Anderson, C. (1995). Strategies of knowledge acquisition. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 60(4, Serial No. 245)
- Perner, D. E., & Klahr, D. (1996). The interaction of domain-specific knowledge and domain-general discovery strategies: A study with sinking objects. *Child*

Development, 67, 2709-2727.

- Piaget, J. (1930). *The child's conception of the physical causality*. London: Kegan Paul, Trench, & Trubner.
- Povinelli, D. J. (2003). *Folk physics for apes*. Oxford University Press.
- Ruggiero, S., Cartelli, A., Dupre, F., & Vincentini-Missoni, M. (1985). Weight, gravity and air pressure: Mental representations by Italian middle school pupils. *European Journal of Science Education*, 1, 205-221.
- Schauble, L. (1990). Belief revision in children: The role of prior knowledge and strategies for generating evidence. *Journal of Experimental Child Psychology*, 49, 31-57.
- Schauble, L. (1996). The development of scientific reasoning in knowledge-rich contexts. *Developmental Psychology*, 32, 102-112.
- Smith, C., Carey, S., & Weiser, M. (1985). On differentiation: A case study of the development of the concepts of size, weight, and density. *Cognition*, 21(3), 177-237.
- Spelke, E. (1991). Physical knowledge in infancy. In S. Carey & R. Gelman(Eds.). *The epigenesis of mind*. New Jersey. Lawrence Erlbaum.
- Spelke, E. (1994). Initial knowledge: Six suggestions. *Cognition*, 50, 431-445.
- Stevens, J. C., & Rubin, I. L. (1970). Psychophysical scales of apparent heaviness and the size-weight illusion. *Perception & Physics*, 8, 225-230.
- White, J. E. (1990). Children's mental models of gravity and their interpretations and explanations of the free fall of objects. Doctoral dissertation, University of Georgia.

1차 원고 접수: 2013. 01. 15.

수정 원고 접수: 2013. 02. 21.

최종 게재 결정: 2013. 02. 22.

The influence of prior knowledge and reasoning about the object movement phenomenon on children's post knowledge formation

EunYoung Kim

Department of Child Development & Family Studies, Seoul National University

The purpose of this study was to identify the influence of prior knowledge and reasoning about object movement phenomenon on children's post knowledge formation. Forty 4-, 6- and 8- year-olds (a total of 120 subjects) were selected for this study. The subjects were chosen from three preschools and two elementary schools located in middle-class residential areas of Seoul and Kyoung-Ki province. Each child was asked to perform the tasks of "weight" and "size". The child's prior knowledge, reasoning, and post knowledge of 3 object movement phenomena(buoyancy, free-fall, sloping) were observed. The influential variables for post knowledge of the three phenomena were both reasoning and prior knowledge. For the buoyancy phenomenon, the effect of the size task reasoning was found to be stronger than that of the weight task reasoning. For the free-fall phenomenon, the effect of the weight task reasoning was found to be the strongest, followed by the size task reasoning and the size task prior knowledge. Whereas, for the sloping phenomenon, the effect of the size task reasoning was found to be the strongest, followed by the weight task reasoning, and the size task prior knowledge. Thus, this study revealed that reasoning and prior knowledge about phenomena related to object movement affected the formation of post knowledge.

key words: object movement phenomenon(buoyancy, free-fall, sloping), physical knowledge, prior knowledge, reasoning, post knowledge